

明 細 書

表面被覆切削工具

技術分野

- [0001] 本発明は、ドリル、エンドミル、フライス加工用または旋削加工用刃先交換型チップ、メタルソー、歯切工具、リーマ、タップなどの切削工具に関し、特にその表面に耐摩耗性被膜を形成した切削工具に関するものである。

背景技術

- [0002] 近年の切削加工では、高速・高精度・高能率加工への追求に加え、環境対策としてドライ加工も志向されている。加えて、工業技術の進歩に伴い、航空機、宇宙開発、原子力発電などに使用される難削材や新素材を多く使用する産業の活動がますます活発化し、質的な多様化と量的な拡大が一層進むとみられ、これらの切削加工についても当然対応が求められている。これまで、このような課題に対して、表面被覆切削工具が数多く提案され、実用化されてきた。
- [0003] たとえば、特許文献1には、耐摩耗性および表面保護機能改善のため、WC基超硬合金、サーメット、高速度鋼などの切削工具や耐摩耗工具などの硬質基材の表面に、硬質被覆層として、 $(Al_x Ti_{1-x-y} Si_y)(N_z C_{1-z})$ (ただし、 $0.05 \leq x \leq 0.75$ 、 $0.01 \leq y \leq 0.1$ 、 $0.6 \leq z \leq 1$) のようなAlTiSi系の膜が被覆されてなる硬質皮膜被覆工具、硬質皮膜被覆部材が開示されている。
- [0004] また特許文献2には、Siを適量含有したTiを主成分とする窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物とTiとAlを主成分とする窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物を、TiSi系化合物などの微細組織構造が、Tiを主成分とする炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物中に、 Si_3N_4 およびSiが独立相として存在するようにそれぞれ一層以上交互に被覆すると、乾式の高速切削加工において、切削工具の性能が極めて良好となることが開示されている。特許文献2によれば、従来のTiAlN膜では切削加工において起こる表面酸化で形成されるアルミナ層は酸素の内向拡散に対し酸化保護膜として機能するものの、動的な切削加工においては、最表面のアルミナ層は、その直下のポーラスなTi酸化物層より容易に剥離してしまい酸化の進行に対して十分で

ないが、特許文献2に記載された発明のTiSi系被膜は膜自体の耐酸化性が極めて高いだけではなく、最表面にSiを含む非常に緻密なTiとSiの複合酸化物が形成されるので、従来問題となっていたポーラスなTi酸化物層が形成されないことで性能が向上すると示されている。

- [0005] また、特許文献3には、AlCrVの炭窒化物、窒化物を用いることで、TiAlN膜と比較して高硬度で耐摩耗性に優れた切削工具用膜質を形成することができることが記載されている。

特許文献1:特許第2793773号

特許文献2:特許第3347687号

特許文献3:特開2003-34859号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] しかし、切削過程において高速・高能率加工や完全に潤滑油剤を使わないドライ加工を行うためには、上述の高温での被膜の安定性だけでは不十分である。すなわち、如何に特性の優れる膜を、剥離や欠損を発生させずに密着性よく長時間にわたって基材表面に維持させるかが問題である。

- [0007] つまり、低炭素鋼やステンレス材料、ダクタイル鋳鉄などの刃先に被削材が溶着しやすい材料の切削では、被削材の溶着が原因となって膜剥離が起こり易く、膜剥離が原因の欠損も発生しやすい。このため、剥離を防ぐには、如何に被削材の溶着を防止するかが重要であり、同時に耐摩耗性に優れた膜質とするかが重要な課題となっている。

- [0008] 本発明は、前記課題を解決するためになされたものであって、その目的とするところは、ドリル、エンドミル、フライス加工用および旋削用刃先交換型チップ、メタルソー、歯切工具、リーマ、タップなどに好適に使用される表面被覆切削工具であって、従来よりも耐剥離性、耐摩耗性が向上された表面被覆切削工具を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0009] 本発明者らは、前記課題に対して種々の工具表面被覆膜を検討した結果、基材上に、Alと、CrまたはVのいずれかまたは両方の元素と、窒素、炭素、酸素のいずれか

1種類以上の元素とからなる化合物にて形成される内層が被覆され、さらに内層上にTiSiの炭窒化物にて形成される最外層が被覆されてなる構造を備える表面被覆切削工具が、膜剥離の抑制が可能で優れた耐摩耗性および耐チップング性を示すことを見出し、本発明に至った。

[0010] すなわち、本発明は以下のとおりである。

[0011] 本発明の表面被覆切削工具は、基材上に、Alと、CrおよびVのうちの少なくともいずれかの元素と、窒素、炭素、酸素から選ばれる1種類以上の元素とを少なくとも含む化合物にて形成された内層が被覆され、さらに内層上にTiSiの炭窒化物にて形成された最外層が被覆されてなることを特徴とする。

[0012] 本発明の表面被覆切削工具において、最外層の厚みは0.1〜2 μm であるのが好ましい。

[0013] また、前記最外層を形成するTiSiの炭窒化物は、その平均結晶粒径が0.1 μm 以下であるのが好ましい。

[0014] 本発明の表面被覆切削工具における内層は、 $(\text{Al}_{1-a-b}\text{Cr}_a\text{V}_b)$ (ここで、 $0 \leq a \leq 0.5$ 、 $0 \leq b \leq 0.5$ 、 $0 \neq a+b \leq 0.5$)と炭素、窒素、酸素のいずれか1種類以上の元素とを少なくとも含む化合物にて形成されたものであるのが好ましい。ここにおいて、 $a+b$ が $0.3 < a+b < 0.45$ を満たすことがより好ましい。 a の値が $0 < a < 0.35$ 、前記 b の値が $0 < b < 0.35$ を満たすことがさらに好ましい。また a 、 b の値が、 $20 < a/b < 100$ を満たすことが特に好ましい。

[0015] 本発明の表面被覆切削工具における内層は、原子%で5%未満のTiを含有することが好ましい。

[0016] また本発明の表面被覆切削工具における内層は、原子%で30%以下のSiおよび/またはBを含有することが好ましい。

[0017] また本発明の表面被覆切削工具においては、基材と内層との間、および/または、内層と最外層との間に、TiSiN層が介されたものであるのが好ましい。

[0018] 前記内層は、 $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ (ここで $0 \leq x \leq 0.5$)層で分割されているのが好ましく、 $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ がTiSiNであることがより好ましい。

[0019] 本発明の表面被覆切削工具において、基材を被覆する層の総厚みが0.5〜8 μm

mであることが好ましい。

発明の効果

- [0020] 本発明に従えば、ドリル、エンドミル、フライス加工用および旋削用刃先交換型チップ、メタルソー、歯切工具、リーマ、タップなどにおける耐剥離性、耐摩耗性の向上が図れるため、寿命の長い表面被覆切削工具を提供することができる。

発明を実施するための最良の形態

- [0021] 本発明の表面被覆切削工具は、基材上に、Alと、CrおよびVのうちの少なくともいずれかの元素と、窒素、炭素、酸素から選ばれる1種以上の元素とを少なくとも含む化合物にて形成された内層が被覆され、さらに内層上にTiSiの炭窒化物(TiSiCN)にて形成された最外層が被覆されてなる構造を備える。ここで、内層は、基材表面を直接覆うように形成されてもよいし、他の層(たとえば後述する最内層)が介された状態で基材を覆うように形成されてもよい。同様に最外層も、内層を直接覆うように形成されてもよいし、他の層(たとえば後述する中間層)が介された状態で内層を覆うように形成されてもよい。
- [0022] 本発明の表面被覆切削工具は、化学的安定性に優れ、金属材料の切削において優れた耐摩耗性を示すAlと、CrおよびVのうちの少なくともいずれかの元素と、窒素、炭素、酸素から選ばれる1種以上の元素とを少なくとも含む化合物にて形成された内層にて基材を被覆したことを特徴の1つとする。また本発明の表面被覆切削工具は、金属材料に対して低い摩擦係数、潤滑性を有し、高い化学的安定性を示すほか、Alと、CrおよびVのうちの少なくともいずれかの元素と、窒素、炭素、酸素から選ばれる1種以上の元素とを少なくとも含む化合物にて形成された内層と優れた密着力を有するTiSiの炭窒化物にて、前記内層を被覆して、高い化学安定性を示す最外層を形成したこともその特徴とする。これらの特徴を兼ね備えた本発明により、ドリル、エンドミル、フライス加工用および旋削用刃先交換型チップ、メタルソー、歯切工具、リーマ、タップなどにおける耐剥離性、耐摩耗性の向上が図れるため、寿命の長い表面被覆切削工具を提供することが可能となる。
- [0023] ここで、Alと、CrおよびVのうちの少なくともいずれかの元素と、窒素、炭素、酸素から選ばれる1種以上の元素とを少なくとも含む化合物(たとえばAlCrN)にて層を形

成した場合、硬度、耐酸化性の高さでは良好な性能を有するが、切削評価では耐チップング性が低く、チップングの発生に基づく耐剥離性の弱さが確認された。この弱点を克服するため、種々の研究を行った結果、本発明のように、上記化合物で形成された層を内層とし、この内層上にTiSiの炭窒化物(TiSiCN)にて最外層を形成することで、耐チップング性と耐剥離性が改善された表面被覆切削工具を実現することができる。これは、最外層を形成するTiSiCNが微粒の組織を形成するため、切削時の衝撃に強く、衝撃を緩和して内層に伝えるため性能改善されたものと考えられる。また、TiSiCNまたはTiSiN層とAlと、CrおよびVのうちの少なくともいずれかの元素と、窒素、炭素、酸素から選ばれる1種以上の元素とを少なくとも含む化合物で形成された層との間の密着力は非常に優れたものであるため、切削工具用膜質として特に優れた剥離性を得ることができたものと考えられる。この密着力は、後述するように $(Al_{1-a-b}Cr_aV_b)$ (ここで、 $0 \leq a \leq 0.5$ 、 $0 \leq b \leq 0.5$ 、 $0 \neq a+b \leq 0.5$) にて規定される場合において、 $0.3 < a+b < 0.45$ であるときに特に優れた性能を発揮する。

[0024] 本発明の表面被覆切削工具において、最外層の厚みは特に制限されるものではないが、 $0.1 \sim 2 \mu m$ であるのが好ましく、 $0.2 \sim 1 \mu m$ であるのがより好ましい。最外層の厚みが $0.1 \mu m$ より薄い場合には、最外層としての優れた効果を発揮できない虞があるためであり、また、最外層の厚みが $2 \mu m$ を越えると、膜剥離を起こしやすくなる虞があるためである。最外層の厚みは、表面被覆切削工具を切断し、その断面をSEM(走査型電子顕微鏡)を用いて観察して測定することができる。

[0025] 本発明の表面被覆切削工具における最外層は、好ましくは平均結晶粒径が $0.1 \mu m$ 以下、より好ましくは $0.05 \mu m$ 以下のTiSiの炭窒化物により形成されてなるのが好ましい。これによって、特に優れた潤滑性、および内層との密着強度を有する最外層を実現することができる。また、耐摩耗性の観点からは、最外層を形成するTiSiの炭窒化物の平均結晶粒径は、 $1 nm$ 以上であるのが好ましく、 $3 nm$ 以上であるのがより好ましい。表面被覆切削工具の最外層におけるTiSiの炭窒化物の平均結晶粒径は、たとえば、膜断面もしくは破面をSEMまたはTEMを用いて観察して測定することができる。

[0026] このような好適な平均結晶粒径を有するTiSiの炭窒化物にて形成された最外層を

備える表面被覆切削工具は、後述するようにたとえばカソードアークイオンプレーティング法にて表面被覆切削工具を製造する場合には、基材バイアス電圧を $-150 \sim -100$ Vの範囲とする条件にて最外層を形成することが好ましい。

[0027] 本発明の表面被覆切削工具は、上述したようにAlと、CrおよびVのうちの少なくともいずれかの元素と、窒素、炭素、酸素から選ばれる1種以上の元素とを少なくとも含む化合物にて内層が形成される。この内層を形成する化合物は、上記以外の元素（たとえば後述するTi、Si、B）を、本発明の効果を阻害しない範囲で含有していてもよい。本発明においては、内層がAlを含有することで、耐酸化特性が向上するとともに熱伝導率が高くなり、切削加工時の発熱を工具表面から逃がすことができるという効果を有する。

[0028] 本発明における内層を形成する化合物において、Alを除くCrとVの量は、 $(Al_{1-a-b}Cr_aV_b)$ （ここで、 $0 \leq a \leq 0.5$ 、 $0 \leq b \leq 0.5$ 、 $0 \neq a+b \leq 0.5$ ）にて規定されることが好ましい。すなわち、本発明の表面被覆切削工具における内層は、 $(Al_{1-a-b}Cr_aV_b)$ （ここで、 $0 \leq a \leq 0.5$ 、 $0 \leq b \leq 0.5$ 、 $0 \neq a+b \leq 0.5$ ）と炭素、窒素、酸素のいずれか1種類以上の元素とを少なくとも含む化合物にて形成されたものであることが好ましい。 $(Al_{1-a-b}Cr_aV_b)$ において、aおよびbの少なくともいずれかが0.5を越えると、内層の硬度が低下してしまい十分な耐摩耗性を発揮できなくなる虞があるためである。特に好ましい耐摩耗性が得られるのは $0.3 < a+b < 0.45$ のときであり、 $a+b$ の値がこの範囲にあると最外層のTiSiCN膜もしくは中間層のTiSiN膜との密着性が向上し、優れた膜の耐剥離性が得られるため、特に好ましい。さらに $(Al_{1-a-b}Cr_aV_b)$ において、aの値が $0 < a < 0.35$ 、前記bの値が $0 < b < 0.35$ であるのがより好ましい。CrとVが同時に含まれ、かつ、aおよびbの値が共に0.35未満であることによって優れた耐剥離性を期待できるためである。この理由は明らかではないが、Crは低温での潤滑性、Vは比較的高温域での潤滑性を向上でき、同時に存在することで幅広い切削条件で優れた耐剥離性を示すためと考えられる。また、さらに前記a、bの値は $20 < a/b < 100$ の関係を有するものであることが特に好ましい。表面被覆切削工具において、内層を形成する化合物の組成は、X線光電子分光装置(XPS)やオージェ電子分光装置(AES)によって確認することができる。

- [0029] このようにAlを除くCrとVの量が $(Al_{1-a-b}Cr_aV_b)$ (ここで、 $0 \leq a \leq 0.5$ 、 $0 \leq b \leq 0.5$ 、 $0 \neq a+b \leq 0.5$)で表される好適な化合物にて形成された内層を備える表面被覆切削工具は、後述するようにたとえばカソードアークイオンプレーティング法にて表面被覆切削工具を製造する場合には、たとえば基材バイアス電圧を $-300 \sim -20V$ の範囲内とする条件にて内層を形成することで実現することができる。また、中でも好適なa, bの値が $20 < a/b < 100$ の関係を有する $(Al_{1-a-b}Cr_aV_b)$ で表される好適な化合物にて形成された内層を備える表面被覆切削工具は、上記表面被覆切削工具を製造する際に基材バイアス電圧を $-250 \sim -40V$ の範囲内とすることで、実現することができる。
- [0030] 本発明の表面被覆切削工具において、内層の厚みは特に制限されるものではないが、 $0.4 \sim 8 \mu m$ であるのが好ましく、 $1 \sim 6 \mu m$ であるのがより好ましい。内層の厚みが $0.4 \mu m$ 未満である場合には、耐摩耗性が不十分となってしまう虞があるためであり、また、内層の厚みが $8 \mu m$ を越えると、耐欠損性が低下する虞があるためである。内層の厚みは、上述した最外層の場合と同様に、表面被覆切削工具を切断し、その断面をSEMを用いて観察して測定することができる。
- [0031] なお、最外層と内層の密着力をさらに向上させる観点からは、内層がTiを少量含むことが好ましい。具体的には、内層は、原子%で好ましくは5%未満、より好ましくは3%以下のTiを含むことが好ましい。内層に原子%で5%以上のTiが含有されると、内層の耐摩耗性が低下する傾向にある。また、前記最外層と内層との前記密着力向上の効果を十分に発揮し得る観点からは、内層中に含有されるTiは、原子%で0.01%以上であるのが好ましく、0.1%以上であるのがより好ましい。ここで、表面被覆切削工具の内層におけるTi含有量は、たとえばXPSを用いて測定することができる。
- [0032] また、内層と最外層との間にTiSiN層(中間層)が介されていてもよい。このような中間層が内層と最外層との間に介されることによっても最外層と内層の密着力がさらに向上される。中間層の厚みは特に制限されるものではないが、 $0.05 \sim 2.0 \mu m$ であるのが好ましく、 $0.1 \sim 1.5 \mu m$ であるのがより好ましい。中間層の厚みが $0.05 \mu m$ 未満である場合には、前記密着力の向上の効果が十分に発揮されない虞があるためであり、また中間層の厚みが $2.0 \mu m$ を越える場合には、耐摩耗性が低下する虞

があるためである。前記中間層の厚みは、上述した最外層の場合と同様に、表面被覆切削工具を切断し、その断面をSEMを用いて観察して測定することができる。なお、上述のように内層がTiを原子%で5%未満含有し、かつ、TiSiNで形成された中間層が内層と最外層との間に介されてなるのが、前記密着性の向上の観点からは特に好適である。

[0033] さらに本発明の表面被覆切削工具においては、内層と基材との密着力を向上させるために、内層と基材との間にTiSiN層(最内層)が介されていてもよい。最内層の厚みは特に制限されるものではないが、 $0.01\sim1.0\mu\text{m}$ であるのが好ましく、 $0.05\sim0.5\mu\text{m}$ であるのがより好ましい。最内層の厚みが $0.01\mu\text{m}$ 未満である場合には、前記密着力の向上の効果が十分に発揮されない虞があるためであり、また最内層の厚みが $1.0\mu\text{m}$ を越える場合には、耐摩耗性が低下する虞があるためである。前記最内層の厚みは、上述した最外層の場合と同様に、表面被覆切削工具を切断し、その断面をSEMまたはTEMを用いて観察して測定することができる。

[0034] また本発明の表面被覆切削工具においては、前記内層が $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ (ここで $0\leq x\leq 0.5$)層で多層に分割されている場合も、優れた耐剥離性を実現できる。ここで内層を分割するとは、該分割された各々の内層が基材表面と略平行な状態で存在するような状態に分割されることをいう。内層が前記 $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ 層で分割されていることによって、切削時に突発的に大応力が付加されたとき、結合力の弱い多層膜界面で膜破壊が起こるため、切削時の内層の破壊単位を多層化により小さくでき、突発的な膜の大破壊現象を抑制できることから、結果として安定長寿命の表面被覆切削工具を実現することができる。ここで、 $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ の x を $0\leq x\leq 0.5$ としたのは、 x が 0.5 を越えると $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ と内層膜との密着力が低下しすぎて、耐摩耗性の低下を招くためである。特に好ましいのは x の値が 0 のとき(すなわち、TiSiN)である。これは、TiSiN層と内層間の密着力は比較的優れており、比較的優れた耐摩耗性を維持できるためである。

[0035] 内層が前記 $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ 層にて多層に分割されてなる場合、内層の分割数に特に制限はなく、分割された内層の各部分は、互いに均等な厚みを有していてもよく、不均等な厚みであってもよい。なお、不均等な厚みに分割すると、様々な破壊応力に

対応可能となるという利点がある。内層の各部分の厚みは特に制限されるものではないが、分割された内層の各部分のいずれもが $0.01\sim 1.0\mu\text{m}$ の範囲内にあり、かつ、内層の各部分の厚みの総計が、上述した内層の好適な厚みの範囲内にあるのが好ましい。内層の各部分のいずれかの厚みが $0.01\mu\text{m}$ 未満であると、耐摩耗性が不十分となる虞があるためであり、また内層の各部分のいずれかの厚みが $1.0\mu\text{m}$ を越えると、内層を多層に分割することによる効果が低下する虞があるためである。前記内層の各部分の厚みも、上述した最外層の場合と同様に、表面被覆切削工具を切断し、その断面をSEMまたはTEMを用いて観察して測定することができる。

[0036] また内層が前記 $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ 層にて多層に分割されてなる場合、 $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ 層の厚み(複数層形成される場合には、そのいずれもの厚み)は、 $1\sim 200\text{nm}$ であるのが好ましく、 $10\sim 100\text{nm}$ であるのがより好ましい。 $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ 層の厚みが 1nm 未満であると、内層を多層に分割することによる効果が低下する虞があるためであり、また $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ 層の厚みが 200nm を越えると、耐摩耗性が低下する虞があるためである。前記 $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ 層の厚みも、上述した最外層の場合と同様に、表面被覆切削工具を切断し、その断面をSEMまたはTEMを用いて観察して測定することができる。

[0037] なお、表面被覆切削工具における耐酸化性や耐摩耗性、耐剥離性を向上させる観点から、内層はSiを原子%で好ましくは30%以下、より好ましくは20%以下、さらに好ましくは15%以下含んでいてもよい。内層中にSiが存在すると、内層の組織が微細化するとともに、内層の硬度が向上されるためである。さらに、Siが内層に含有されることで、内層と TiSiCN にて形成される最外層との密着性が向上される。ただし、内層が原子%で30%を越えてSiを含有すると、内層が脆くなり逆に摩耗が促進されてしまう傾向にあるため、好ましくない。また、内層がSiを含有する場合、組織の微細化効果を得るためには、Siは原子%で1%以上含有されてなるのが好ましく、5%以上含有されてなるのがより好ましい。ここで、表面被覆切削工具の内層におけるSi含有量は、たとえばXPSまたはAESを用いて測定することができる。

[0038] また内層には、Bを原子%で好ましくは30%以下、より好ましくは15%以下、さらに好ましくは10%以下含んでいてもよい。内層にBが存在すると、高硬度な被膜が得られ、切削中の表面酸化によって形成されるBの酸化物が特にAlの酸化物を緻密化

するという利点がある。さらに、Bの酸化物は低融点であるので切削時の潤滑油として作用し、優れた耐剥離性を示すという利点もある。ただし、内層が原子%で30%を越えてBを含有すると、逆に耐摩耗性が低下する傾向にあるため、好ましくない。また、内層がBを含有する場合、耐摩耗性と耐剥離性を向上させるためには、Bは原子%で1%以上含有されてなるのが好ましく、5%以上含有されてなるのがより好ましい。ここで、表面被覆切削工具の内層におけるB含有量は、たとえばXPSを用いて測定することができる。

[0039] 本発明の表面被覆切削工具において、内層の残留応力は $-6 \sim 0$ GPaであるのが好ましく、 $-4 \sim -1$ GPaであるのがより好ましい。前記残留応力が -6 GPa未満であると、表面被覆膜中の圧縮残留応力が大きくなりすぎ、基材との密着強度が低下する傾向にある。また、前記残留応力が0 GPaを越えると、被膜には引張応力が残留することとなり、膜に亀裂が入りやすくなるとともにチップング性、欠損性が低下してしまう虞がある。なお、前記残留応力は、たとえばX線残留応力測定装置を用いて、あるいは、 $\sin^2 \psi$ 法によって測定することができる。

[0040] このような好適な残留応力を有する表面被覆切削工具は後述するようにたとえばカソードアーキオンプレーティング法にて表面被覆切削工具を製造する場合には、たとえば基材バイアス電圧を $-300 \sim -20$ Vの範囲内とする条件にて内層を形成することで実現することができる。

[0041] さらに、本発明の表面被覆切削工具は、基材を被覆する層(内層および最外層、ならびに後述するように中間層が形成される場合には中間層も含む)の総厚みが $0.5 \sim 8 \mu\text{m}$ であるのが好ましく、 $1.0 \sim 6.0 \mu\text{m}$ であるのがより好ましい。前記総厚みが $0.5 \mu\text{m}$ 未満であると、十分な耐摩耗性の向上がみられない虞があり、また前記総厚みが $8 \mu\text{m}$ を越えると、基材を被覆する層中の残留応力が大きくなり、基材との密着強度が低下してしまう虞があるためである。前記総厚みについても、上述した最外層の厚みと同様に、表面被覆切削工具を切断し、その断面をSEMを用いて観察して測定することができる。

[0042] 本発明の表面被覆切削工具において用いられる基材としては、当分野において従来より広く用いられてきたものを適宜用いることができ、特に制限されるものではない

が、高温でも高い硬度を有することから、WC基超硬合金、サーメット、高速度鋼、セラミックス(炭化珪素、窒化珪素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、炭化珪素、炭化チタンおよびそれらの複合材料など)、立方晶型窒化硼素焼結体、ダイヤモンド焼結体からなる基材のいずれかであることが好ましい。中でも特に、WC基超硬合金、サーメット、立方晶型窒化硼素焼結体を基材として用いるのが好適である。

[0043] 本発明の表面被覆切削工具は、切削加工に用いられる従来公知の様々な切削工具に適用することができる。特に、本発明の被覆切削工具は、ドリル、エンドミル、フライス加工用および旋削用刃先交換型チップ、メタルソー、歯切工具、リーマ、タップであることが好ましい。

[0044] 本発明の表面被覆切削工具は、結晶性の高い化合物を形成することができる公知の成膜プロセスにて基材を、内層、最外層(場合によってはさらに最内層、中間層など)によって被覆することで製造することができる。かかる成膜プロセスとしては、膜中に圧縮応力を与えることができるという理由から、物理的蒸着法が好ましい。物理的蒸着法としては、たとえば、イオンプレーティング法、スパッタリング法、電子ビーム蒸着法などが挙げられるが、本発明の表面被覆切削工具を製造するに際しては、イオンプレーティング法を採用する場合には、アーク式イオンプレーティング法を用いるのが基材との密着力を確保しやすいという理由により好ましく、スパッタリング法を採用する場合には、マグネトロンスパッタリング法(バランスドおよびアンバランスドマグネトロンスパッタリング法)を用いるのが非導電性材料を被覆するのに優れているという理由により好ましい。これらの中でも、原料元素のイオン率が高いカソードアークイオンプレーティング法を用いるのが、特に好ましい。カソードアークイオンプレーティング法を用いると、内層を形成する前に、基材表面に対して金属のイオンボンバードメント処理が可能となるため、内層の密着性が格段に向上されるためである。

[0045] 次に、実施例を用いて被覆切削工具の耐摩耗性が如何に改善されるかを具体的に説明する。実施例の組成はXPS(X線光電子分光装置)、AES(オージェ電子分光装置)により確認した。

[0046] <実施例1〜8、比較例1〜3>

基材として、グレードがJIS規格K20の超硬合金、チップ形状がJIS規格のSPGN1

20308のものをいい、カソードアークイオンプレーティング装置に装着した。

- [0047] まず、真空ポンプによりチャンバー内を減圧するとともに、装置内に設置されたヒーターにより基材を温度650℃に加熱し、チャンバー内の圧力が 1.0×10^{-4} Paとなるまで真空引きを行った。次に、アルゴンガスを導入してチャンバー内の圧力を3.0 Paに保持し、基材バイアス電源の電圧を徐々に上げながら、-1500Vとし、基材の表面のクリーニングを15分間行った。その後、アルゴンガスを排気した。
- [0048] 次に、内層の化合物組成として、それぞれ表1に示す化合物となるように、金属蒸発源である合金製ターゲットをセットし、反応ガスとして窒素、メタン、酸素のうち、本発明の被膜が得られるガスを導入させながら、基材温度650℃、反応ガス圧2.0 Pa、基材バイアス電圧を-100Vに維持したまま、カソード電極に100Aのアーク電流を供給し、アーク式蒸発源から金属イオンを発生させ、被膜(内層)を形成した。内層がそれぞれ表1に示す所定の厚みとなったとき、蒸発源に供給する電流を停止した。
- [0049] 引き続き、内層上に、最外層としてTiSiCN膜を形成した。具体的には、チャンバー内にTiおよびSiをセットし、反応ガスとして窒素および酸素を導入させながら、基材温度650℃、反応ガス圧2.0 Pa、基材バイアス電圧を-50Vにして、カソード電極に100Aのアーク電流を供給し、アーク式蒸発源から金属イオンを発生させ、平均結晶粒径 $0.05 \mu\text{m}$ のTiSiの炭窒化物からなる最外層を形成した。最外層が所定の厚みとなったとき、蒸発源に供給する電流を停止し、徐冷した。
- [0050] なお、実施例5〜7、比較例2については、内層の形成前に、基材上に最内層としてTiSiN膜を形成した。具体的には、チャンバー内にTiおよびSiをセットし、反応ガスとして窒素を導入させながら、基材温度650℃、反応ガス圧2.0 Pa、基材バイアス電圧を-100Vに維持したまま、カソード電極に100Aのアーク電流を供給し、アーク式蒸発源から金属イオンを発生させ、最内層を形成した。最内層が所定の厚みとなったとき、蒸発源に供給する電流を停止した。
- [0051] また、実施例7については、内層の形成後、最外層を形成する前に、上記最内層の形成と同様にして、内層上に中間層としてTiSiN膜を形成した。
- [0052] さらに、実施例8については、最外層の形成に際し、基材バイアス電圧を-30Vとして、平均結晶粒径が $0.3 \mu\text{m}$ のTiSiの炭窒化物からなる最外層(TiSiCN膜)とした

。

[0053] 前記の工程で製造した実施例1〜8、比較例1〜3について、以下に示す条件による乾式のフライス試験を行い、刃先の逃げ面摩耗幅が0.2mmを越える時間を測定した。切削条件は、被削材をステンレス鋼SUS304(HB=180)とし、切削速度70m/min、送り量0.2mm/rev、切り込み1mmとした。結果を表1に示す。

[0054] [表1]

	最内層	内層	中間層	最外層	a/b	a+b	切削可能時間(分)	
							V100	V300
実施例1	-	$\text{Al}_{0.6}\text{Cr}_{0.4}\text{N}(2\mu\text{m})$	-	$\text{TiSiCN}(0.7\mu\text{m})$	-	0.4	45	10
実施例2	-	$\text{Al}_{0.69}\text{Cr}_{0.29}\text{V}_{0.02}\text{N}(2\mu\text{m})$	-	$\text{TiSiCN}(0.5\mu\text{m})$	14.5	0.31	56	15
実施例3	-	$\text{Al}_{0.65}\text{Cr}_{0.21}\text{V}_{0.1}\text{Si}_{0.04}\text{N}(5\mu\text{m})$	-	$\text{TiSiCN}(1.3\mu\text{m})$	2.1	0.31	63	19
実施例4	-	$\text{Al}_{0.68}\text{V}_{0.32}\text{C}_{0.1}\text{N}_{0.9}(3\mu\text{m})$	-	$\text{TiSiCN}(0.3\mu\text{m})$	-	0.32	34	17
実施例5	$\text{TiSiN}(0.2\mu\text{m})$	$\text{Al}_{0.6}\text{Cr}_{0.4}\text{N}(2\mu\text{m})$	-	$\text{TiSiCN}(0.5\mu\text{m})$	-	0.4	56	12
実施例6	$\text{TiSiN}(0.4\mu\text{m})$	$\text{Al}_{0.55}\text{Cr}_{0.35}\text{V}_{0.05}\text{Ti}_{0.05}\text{C}_{0.2}\text{N}_{0.8}(2\mu\text{m})$	-	$\text{TiSiCN}(1.5\mu\text{m})$	7	0.4	61	20
実施例7	$\text{TiSiN}(0.3\mu\text{m})$	$\text{Al}_{0.65}\text{Cr}_{0.3}\text{V}_{0.04}\text{Ti}_{0.01}\text{C}_{0.05}\text{N}_{0.9}\text{O}_{0.05}(2\mu\text{m})$	$\text{TiSiN}(0.2\mu\text{m})$	$\text{TiSiCN}(0.3\mu\text{m})$	7.7	0.34	70	18
実施例8	-	$\text{Al}_{0.6}\text{Cr}_{0.4}\text{N}(2\mu\text{m})$	-	$\text{TiSiCN}(0.7\mu\text{m})$	-	0.4	38	7
比較例1	-	$\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}(2\mu\text{m})$	-	-	-	-	11	2
比較例2	$\text{TiSiN}(0.5\mu\text{m})$	$\text{TiC}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{N}(2\mu\text{m})$	-	$\text{TiSiCN}(0.8\mu\text{m})$	-	-	17	3
比較例3	-	$\text{Al}_{0.6}\text{Cr}_{0.4}\text{N}(2\mu\text{m})$	-	-	-	0.4	13	5

[0055] 表1から明らかなように、本発明において、実施例1～8の切削工具寿命は膜剥離の発生しやすいSUS304の切削において比較例1～3と比較して大きく向上したことが確認された。

[0056] <実施例9～12>

表2に示すような組成の内層、最外層を形成した以外は、上述した実施例1と同様にして、本発明の表面被覆切削工具を作成した。上述と同様に、実施例9～12について切削試験を行った結果、表2に示す性能を得た。

[0057] [表2]

	最内層	内層	中間層	最外層	a/b	a+b	切削可能時間(分)	
							V100	V300
実施例9	-	$Al_{0.655}Cr_{0.33}V_{0.015}N(2\mu m)$	-	TiSiCN(0.5 μm)	22	0.345	67	25
実施例10	-	$Al_{0.632}Cr_{0.36}V_{0.008}N(2\mu m)$	-	TiSiCN(0.5 μm)	45	0.368	70	24
実施例11	-	$Al_{0.636}Cr_{0.36}V_{0.004}N(2\mu m)$	-	TiSiCN(0.5 μm)	90	0.364	72	23
実施例12	TiSiN(0.4 μm)	$Al_{0.643}Cr_{0.35}V_{0.007}N(2\mu m)$	-	TiSiCN(0.5 μm)	50	0.357	77	26

[0058] 表2より、内層を形成する化合物 ($\text{Al}_{1-a-b} \text{Cr}_a \text{V}_b$) において、a, bの値が $5 < a/b < 100$ の範囲にある実施例9～12は、特に優れた切削工具寿命を得ることができた。

[0059] <実施例13>

実施例6と同じ組成の内層を形成するに際し、内層の形成工程と最内層の形成と同様のTiSiN層の形成工程を交互に行った以外は同様に行い、内層が0.05 μm の厚みのTiSiN層で15層に分割されてなる表面被覆切削工具を作製した。分割された内層の各部分は、いずれも均一な厚み0.2 μm を有するようにした。こうして得られた実施例13について、上述と同様に切削試験を行った結果、表3に示す性能を得た。

[0060] [表3]

	最内層	内層	中間層	最外層	a/b	a+b	切削可能時間(分)	
							V100	V300
実施例13	TiSiN(0.4 μm)	Al _{0.55} Cr _{0.35} V _{0.05} Ti _{0.05} C _{0.2} N _{0.8} (0.2 μm) (TiSiN層(0.05 μm)により15層に分割)	-	TiSiCN(1.5 μm)	7	0.4	85	28

[0061] 表3より、内層をTiSiN層にて分割した実施例13は、非常に優れた切削工具寿命を有することが確認できた。

[0062] 今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

請求の範囲

- [1] 基材上に、Alと、CrおよびVのうちの少なくともいずれかの元素と、窒素、炭素、酸素から選ばれる1種以上の元素とを少なくとも含む化合物にて形成された内層が被覆され、さらに内層上にTiSiの炭窒化物にて形成された最外層が被覆されてなる表面被覆切削工具。
- [2] 最外層の厚みが0.1〜2 μm である、請求項1に記載の表面被覆切削工具。
- [3] TiSiの炭窒化物の平均結晶粒径が0.1 μm 以下である、請求項1に記載の表面被覆切削工具。
- [4] 前記内層は、 $(\text{Al}_{1-a-b}\text{Cr}_a\text{V}_b)$ (ここで、 $0 \leq a \leq 0.5$ 、 $0 \leq b \leq 0.5$ 、 $0 \neq a+b \leq 0.5$) と炭素、窒素、酸素のいずれか1種類以上の元素とを少なくとも含む化合物にて形成されたものである、請求項1に記載の表面被覆切削工具。
- [5] 前記 $a+b$ が $0.3 < a+b < 0.45$ を満たすことを特徴とする請求項4に記載の表面被覆切削工具。
- [6] 前記 a の値が $0 < a < 0.35$ 、前記 b の値が $0 < b < 0.35$ を満たすことを特徴とする請求項4に記載の表面被覆切削工具。
- [7] 前記 a, b の値が、 $20 < a/b < 100$ を満たすことを特徴とする請求項4に記載の表面被覆切削工具。
- [8] 内層が原子%で5%未満のTiを含有することを特徴とする請求項1に記載の表面被覆切削工具。
- [9] 内層が原子%で30%以下のSiおよび/またはBを含有することを特徴とする請求項1に記載の表面被覆切削工具。
- [10] 基材と内層との間、および/または、内層と最外層との間に、TiSiN層が介されたものである、請求項1に記載の表面被覆切削工具。
- [11] 内層が $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ (ここで $0 \leq x \leq 0.5$)層で分割されていることを特徴とする、請求項1に記載の表面被覆切削工具。
- [12] 前記 $\text{TiSiC}_x\text{N}_{1-x}$ がTiSiNであることを特徴とする請求項11に記載の表面被覆切削工具。
- [13] 基材を被覆する層の総厚みが0.5〜8 μm であることを特徴とする請求項1に記載

の表面被覆切削工具。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/004656

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ B23B51/00, 27/14, B23C5/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ B23B51/00, 27/14, B23C5/16, C23C14/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2004-74361 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 11 March, 2004 (11.03.04), Claims; Par. No. [0025] (Family: none)	1, 2, 9, 11-13 3-8, 10
Y	JP 2004-9267 A (Hitachi Tool Engineering Ltd.), 15 January, 2004 (15.01.04), Claims (Family: none)	3
Y	JP 2003-34859 A (Kobe Steel, Ltd.), 07 February, 2003 (07.02.03), Claims & US 2003-0148145 A1 & DE 10233222 A	4-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 June, 2005 (13.06.05)

Date of mailing of the international search report
28 June, 2005 (28.06.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/004656

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-66361 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 04 March, 2004 (04.03.04), Par. Nos. [0040], [0044], [0047], [0050] (Family: none)	10
P,X	JP 2004-82230 A (Hitachi Tool Engineering Ltd.), 18 March, 2004 (18.03.04), Claims; Par. No. [0013] (Family: none)	1,3,4,11-13
P,X	JP 2004-238736 A (Hitachi Tool Engineering Ltd.), 26 August, 2004 (26.08.04), Claims; Par. No. [0035] (Family: none)	1,2,4,5,9, 11-13
E,X	JP 2005-126736 A (Hitachi Tool Engineering Ltd.), 19 May, 2005 (19.05.05), Claims; Par. No. [0024] (Family: none)	1,2,4,5,9, 11-13
A	JP 2002-331408 A (Hitachi Tool Engineering Ltd.), 19 November, 2002 (19.11.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 2000-326107 A (Hitachi Tool Engineering Ltd.), 28 November, 2000 (28.11.00), Full text (Family: none)	1-13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ B23B51/00, 27/14, B23C5/16

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ B23B51/00, 27/14, B23C5/16, C23C14/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2004-74361 A (住友電気工業株式会社) 2004.03.11, 特許請求の範囲, 段落【0025】 (ファミリーなし)	1, 2, 9, 11-13 3-8, 10
Y	JP 2004-9267 A (日立ツール株式会社) 2004.01.15, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	3
Y	JP 2003-34859 A (株式会社神戸製鋼所) 2003.02.07, 特許請求の範囲 & US 2003-0148145 A1 & DE 10233222 A	4-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13.06.2005

国際調査報告の発送日

28.6.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田村 嘉章

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

3C

3215

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2004-66361 A (住友電気工業株式会社) 2004. 03. 04, 段落【0040】, 【0044】, 【0047】, 【0050】 (ファミリーなし)	10
P, X	JP 2004-82230 A (日立ツール株式会社) 2004. 03. 18, 特許請求の範囲, 段落【0013】 (ファミリーなし)	1, 3, 4, 11-13
P, X	JP 2004-238736 A (日立ツール株式会社) 2004. 08. 26, 特許請求の範囲, 段落【0035】 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 9, 11-13
E, X	JP 2005-126736 A (日立ツール株式会社) 2005. 05. 19, 特許請求の範囲, 段落【0024】 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 9, 11-13
A	JP 2002-331408 A (日立ツール株式会社) 2002. 11. 19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2000-326107 A (日立ツール株式会社) 2000. 11. 28, 全文 (ファミリーなし)	1-13